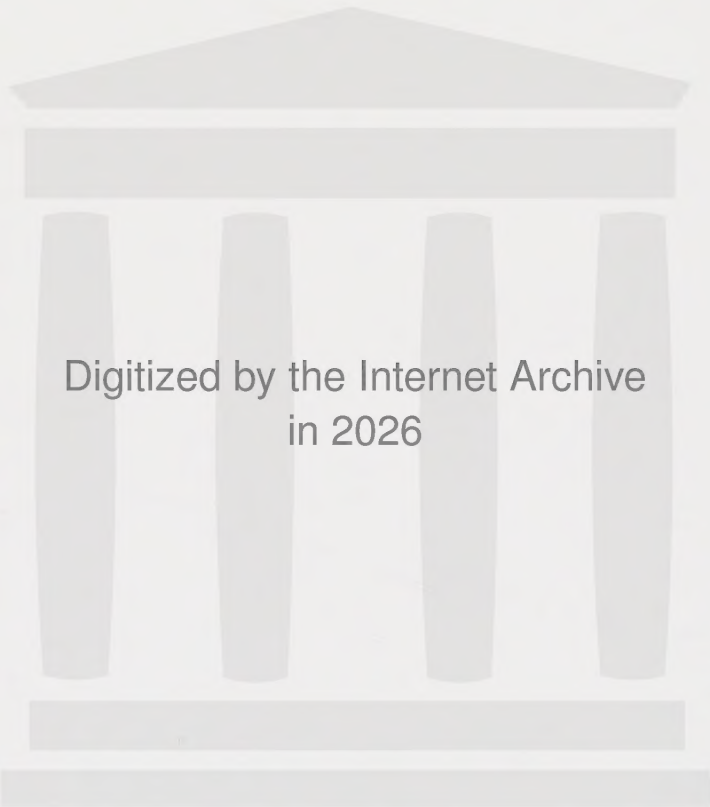


Der Einfluß von Spritzbetonstäuben auf die Lungenfunktion von Druckluftarbeitern.

Michael Redl



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554619_0039

Aus dem Institut und der Poliklinik für Arbeitsmedizin
der Universität München.

Vorstand: Prof. Dr. G. Fruhmann.

Der Einfluß von Spritzbetonstäuben auf die Lungenfunktion von Druckluftarbeitern.

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Vorgelegt von

Michael Redl

aus München

1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München.

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Dr. R. Kessel

Mitberichterstatter: 1. Prof. Dr. G. Fruhmann
2. Prof. Dr. D. Hölzel

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.1987

Inhaltsverzeichnis:

Seite:

	Liste der Abkürzungen	
	Einleitung	1
1	Die Spritzbetonbauweise in Druckluft	3
2	Methodik	5
2.1	Die untersuchten Kollektive	5
2.2	Staubmessung	5
2.3	Lungenfunktionsprüfung und Untersuchungsablauf	6
2.4	Auswertung und Statistik	8
3	Ergebnisse	9
3.1	Die Gesamtstaubbelastung bei Tätigkeiten in Spritzbetonbauweise und Überdruck	9
3.2	Die Lungenfunktion vor und nach einer Arbeitsschicht	10
3.2.1	Forcierte expiratorische Vitalkapazität	10
3.2.2	Ein-Sekunden-Wert (Tiffeneau)	11
3.2.3	Atemwegswiderstand	12
3.2.4	Fluß-Volumen-Kurven	13
3.2.4.1	Maximaler expiratorischer Flow (PEF)	14
3.2.4.2	Maximaler expiratorischer Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität	15
3.2.4.3	Maximaler expiratorischer Flow bei 50 und 25 % verbliebener Vitalkapazität	16
3.2.4.4	Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve	17
3.3	Die Wirkung der Spritzbetonstäube bei Nichtrauchern und Rauchern	20
3.4	Beziehungen zwischen der Gesamtstaub - Belastung und den Änderungen der Lungenfunktion	26
3.4.1	Forcierte expiratorische Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration	26
3.4.2	Ein-Sekunden-Wert und Gesamtstaubkonzentration	27
3.4.3	Atemwegswiderstand und Gesamtstaubkonzentration	29
3.4.4	Fluß-Volumen-Kurven und Gesamtstaubkonzentration	31

3.4.4.1	Maximaler expiratorischer Flow und Gesamtstaubkonzentration	31
3.4.4.2	Maximaler expiratorischer Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration	32
3.4.4.3	Maximaler expiratorischer Flow bei 50 und 25 % verbliebener Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration	33
3.4.4.4	Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve und Gesamtstaubkonzentration	34
4	Diskussion	37
5	Zusammenfassung	43
	Literaturverzeichnis	
	Lebenslauf	

Liste der Abkürzungen:

A:	Gruppe A: Hauptkollektiv (Mineure), staub- und überdruckexponierte Gruppe
AEX:	Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve (Liter mal Liter pro Sekunde)
B:	Gruppe B: Kontrollkollektiv (vorwiegend Studenten)
FEV 1:	Forciertes expiratorisches Volumen nach einer Sekunde; Ein-Sekunden-Kapazität; Atemstoßtest nach Tiffeneau (Liter in der ersten Sekunde)
FVC:	Forcierte expiratorische Vitalkapazität; expiratorisches Atemstoß-Volumen (Liter)
F-V-K:	Fluß-Volumen-Kurve
MAK:	Maximale - Arbeitsplatz - Konzentration
MEF 75:	Maximaler expiratorischer Flow (Fluß) bei 75 % verbliebener Vitalkapazität (Liter pro Sekunde)
MEF 50:	Maximaler expiratorischer Flow (Fluß) bei 50 % verbliebener Vitalkapazität (Liter pro Sekunde)
MEF 25:	Maximaler expiratorischer Flow (Fluß) bei 25 % verbliebener Vitalkapazität (Liter pro Sekunde)
NR:	Nichtraucher
PEF:	Maximaler expiratorischer Flow (Fluß); Peak Flow (Liter pro Sekunde)
R:	Raucher
RAW:	Atemwegswiderstand; Resistance of the Air Ways (Millibar pro Liter pro Sekunde)
St.-Abw.:	Standard - Abweichung
VCin:	Inspiratorische Vitalkapazität (Liter)

Einleitung

Das moderne und weltweit erstmals 1981 in München im Verkehrstunnel-Vortrieb in größerem Umfang eingesetzte Verfahren, die Spritzbetonbauweise in Druckluft, hat seitdem immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dank sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Vorteile findet diese Methode mittlerweile nicht nur im innerstädtischen Bereich Anwendung, sondern auch beim Ausbau von Hochgeschwindigkeitsstrecken für den Eisenbahn- Fernverkehr.

Die rasche Verbreitung solch eines technischen Fortschrittes und die derzeit noch geringe Erfahrung mit den Auswirkungen auf die dort arbeitenden Menschen bergen das Risiko in sich, mögliche Gesundheitsgefahren zu unterschätzen bzw. drohende Spätschäden nicht rechtzeitig zu erkennen.

Grundsätzlich wäre bereits aufgrund der Zusammensetzung der Spritzbetonstäube nach deren Inhalation mit Reaktionen von seiten des Atemtraktes zu rechnen. Wie Untersuchungen von Kessel 1983 (22) gezeigt haben, handelt es sich bei Spritzbetonstäuben wegen ihrer Zusammensetzung nicht um "inerte Stäube". Wie sich diese Stäube unter Überdruck in den Atemwegen verhalten, läßt sich derzeit nur theoretisch erahnen. Da die Zementstäube stark alkalisch sind, ist damit zu rechnen, daß sie aufgrund der Wasserdampfsättigung im Atemtrakt ihren aerodynamischen Durchmesser und daher auch ihr Depositionsverhalten ändern. Dieses wird durch die zunehmende Luftdichte mit ansteigendem Überdruck zusätzlich beeinflußt. Die Wirkung müßte deshalb anhand der Lungenfunktion nachweisbar sein.

Ziel dieser Studie war, Basisdaten zur Belastung und Beanspruchung des Atemtraktes durch jene Stäube zu erhalten. An einem beruflich exponierten Kollektiv von Mineuren mit unterschiedlichen Tätigkeiten in Spritzbetonbauweise und Druckluft wollten wir zunächst Anhaltspunkte zur individuellen Gesamtstaubbelastung gewinnen. Die Meßwerte von Lungenfunktionsprüfungen vor und nach einer Arbeitsschicht sollten schließlich zeigen, ob sich

Veränderungen nachweisen lassen, die auf drohende Spätfolgen hindeuten könnten. Letztlich sollten zum Schutze der Arbeitnehmer Ansätze für eine bessere Prävention gefunden werden.

1 Die Spritzbetonbauweise in Druckluft

Die Spritzbetonbauweise entstammt dem konventionellen Felstunnelbau (7, 8, 9, 10, 20, 21, 25, 45) und umfaßt einen Anwendungsbereich von der provisorischen Sicherung eines Ausbruchsquerschnittes bis zum Ausbau als tragender Hohlraumschale.

Der Vortrieb verläuft in nur kurzen Abschnitten (wenige Meter), wobei in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen eine dem Stollen vorausseilende Kalotte teils manuell, teils mittels Fräslader abgetragen wird. Im Bereich der Kalotte werden Stützringe bzw. Stützbögen aufgestellt und mit einem Eisengittergeflecht verdrahtet. Dieses Gerüst für den oberen Teil des späteren Tunnels wird schließlich mit Spritzbeton abgedeckt. Dabei wird entweder der flüssige Beton oder das Sand-Zement-Gemisch, aufbereitet in einer Mischmaschine, unter hohem Druck (3-5 bar) ähnlich einer Feuerwehrpumpe durch einen Schlauch geleitet und mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 km/h durch die "Spritzdüse" im Abstand von ca. 2 Metern auf die Tunnelwand aufgetragen (Abb. 1).

Man unterscheidet zwischen dem Naß- und dem Trockenverfahren. Beim Naßverfahren erfolgt die Wasserzugabe bereits in der Mischmaschine, beim Trockenverfahren erst an der Spritzdüse. Die Ausgangsstoffe des Spritzbetons sind Zement, Zuschlagstoffe wie Sande oder Kiese und schließlich Betonzusätze, z.B. auch stark alkalische Erstarrungsbeschleuniger. Silikogen wirkender Quarz kann ebenfalls in wechselnder Menge enthalten sein.

Nach Absicherung der Kalotte wird im weiteren Verlauf des Vortriebs der untere Teil des Tunnels bis zum Boden abgetragen und dann in ähnlicher Weise wie die Kalotte als Wand bzw. Tunnelboden fertiggestellt.

Damit kein Wasser in den Tunnel eindringen kann, werden im Verlauf der Streckenführung Brunnen gebohrt, um den Grundwasserspiegel zu senken. Dies ist im innerstädtischen Bereich mit erheblichen

Schwierigkeiten verbunden (dichte Bebauung, Verkehrsstörung, Gefährdung von Bausubstanz durch veränderten Untergrund). Leitet man komprimierte Luft in die Tunnelröhre, die mit Spritzbeton verfestigt nahezu wasser- und luftdicht ist, wird die Luft nur an der Ortsbrust ins Erdreich hinausgepreßt und wirkt dem Grundwasser entgegen. Somit kann die Anzahl der sonst notwendigen Brunnen erheblich reduziert werden.



Abbildung 1: Das Auftragen des Spritzbetons an der armierten Tunnelwand.

2 Methodik

2.1 Die untersuchten Kollektive

Wir untersuchten an insgesamt 30 Mineuren (Tab. 1), die im Stollenvortrieb in Spritzbeton- und Druckluftbauweise beschäftigt waren, die Lungenfunktion vor und nach der Schicht. Es handelte sich in der Mehrzahl um Österreicher.

Als Kontrollkollektiv dienten 21 Personen (Tab. 1), vorwiegend Studenten, die beruflich nicht gegenüber Stäuben bzw. Druckluft exponiert waren.

Wir wählten nur Arbeiter der Spätschicht aus, damit durch die Messungen unmittelbar vor dem Einschleusen um 14.00 Uhr und nach dem Ausschleusen um 22.00 Uhr in Anlehnung an Ergebnisse von Ulmer (54), Dimich (6) und Love (29) wesentliche Änderungen der Lungenfunktionswerte durch die circadiane Rhythmik weitgehend ausgeschlossen werden konnten.

	Hauptkollektiv (A): (Mineure)	Kontrollkollektiv (B):
Anzahl:	30	21
Alter (J):	32.3 (21 - 48)	28.8 (22 - 45)
Grösse (cm):	176.8 (165 - 194)	180.6 (170 - 191)
Gewicht (kg):	78.0 (63 - 110)	75.9 (60 - 92)
Arbeiter:	30	7
Studenten:		14
Raucher:	14	10

Tabelle 1: Untersuchte Personen.

2.2 Staubmessung:

Zur Beurteilung der individuellen Staubexposition während der

Arbeitsschicht wurden alle Tunnelarbeiter mit einem Staubsammelgerät ausgestattet (Personal air sampler, Fa. Du Pont). Die Luftansaugköpfe waren im Gesichtsbereich fixiert.

Nach Eichung des Personal air sampler auf Druckluftbedingungen (Arbeitsdruck 1.5 - 1.6 bar) ließ sich unter Berücksichtigung der Durchflußrate (2 l/min) nach dem Auswiegen der Staubfilter die Gesamtstaubkonzentration in mg/m^3 errechnen.

2.3 Lungenfunktionsprüfung und Untersuchungsablauf

Als Meßgeräte für die Lungenfunktionsprüfung verwendeten wir den Pneumscreen II (Fa. Jaeger) und den Siregnost FD 5 (Fa. Siemens). Diese Geräte bzw. Meßverfahren haben sich aus technischer Sicht für die arbeitsmedizinische Praxis, insbesondere für Untersuchungen vor Ort, als geeignet und zuverlässig erwiesen (2, 16, 34).

Den Lungenfunktionsmeßplatz stellten wir in unmittelbarer Nähe der Personenschleuse auf (Abb. 2), damit möglichst ohne zeitliche Verzögerung vor allem nach der Arbeitsschicht die Funktionsprüfung erfolgen konnte.

Der Untersuchungsablauf war standardisiert und begann sowohl in der Gruppe der Exponierten als auch der Kontrollpersonen immer um 13.30 bzw. 22.00 Uhr.

Wir bestimmten zuerst die "langsame" inspiratorische Vitalkapazität (VCin), anschließend erfolgten vier Atemmanöver zur Aufzeichnung der Fluß-Volumen-Kurven.

Im Gegensatz zum ursprünglichen Meßgerät, das die F-V-K aus zwei Atemmanövern mittelte, war unser Pneumscreen nach dem Verfahren von Praml (37) technisch so verändert, daß zur exakteren Beurteilung einzelne Atemstoßkurven auf Magnetband gespeichert werden konnten und später eine EDV-gerechte Analyse möglich war.

Zur Auswertung kamen schließlich die Werte der forcierten expiratorischen Vitalkapazität (FVC), der Atemstoßtest nach Tiffeneau (Ein-Sekunden-Wert, FEV 1), der maximale expiratorische

Flow (Peak-Flow, PEF), die maximalen Flußwerte auf verschiedenen Niveaus der verbliebenen Vitalkapazität (MEF 75, 50, 25) und die Fläche unter der F-V-K (AEX).

Um eine gute Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, achteten wir besonders auf präzise Anweisungen und gleichartige Untersuchungsbedingungen (sitzende Position, Nasenklemme etc.).

Im Anschluß an die Spirometrie folgte mit dem Siregnost FD 5 die Messung des oszillatorischen Atemwegswiderstandes (Abb. 2), der als Minimal- und Maximalausschlag protokolliert wurde. Daraus haben wir den Mittelwert berechnet.

Nach einer gezielten Befragung zur Tätigkeit am Arbeitsplatz, zu den Rauchgewohnheiten und Erkrankungen des Atemtrakts bekamen alle Untersuchten die Staubsammelgeräte angelegt und konnten schließlich in den Stollen eingeschleust werden.

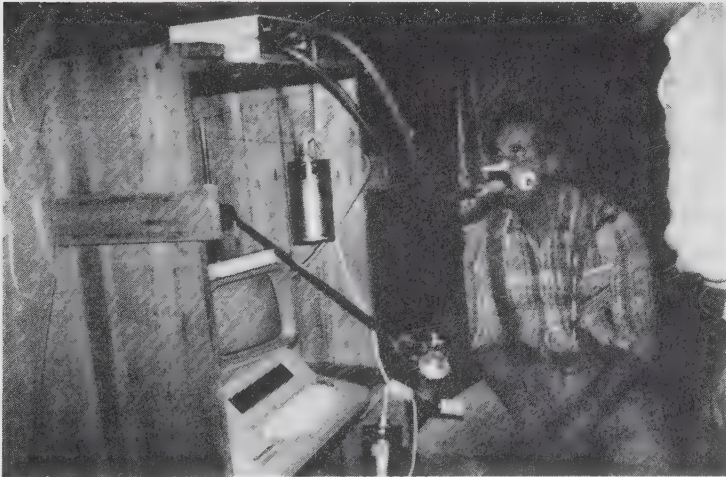


Abbildung 2: Lungenfunktions - Meßplatz in unmittelbarer Nähe der Personenschleuse. Proband während der Messung des oszillatorischen Atemwegswiderstandes.

2.4 Auswertung und Statistik

Für die Auswertung verwendeten wir nur jene Fluß-Volumen-Kurven, die nach dem Ausdruck der auf dem Magnetband gespeicherten Daten als optimal reproduzierbar erschienen. Als Beurteilungskriterium zählten Kurvenverlauf, Deckungsgleichheit und Maximalwerte.

Mit dem parameterfreien Test für korrelierende Stichproben nach Wilcoxon erfolgte die statistische Absicherung aller Ergebnisse. Gemäß ihrer Aussagekraft wurden sie verschiedenen Signifikanz-Niveaus zugeteilt (n.s., $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$).

Wir verglichen hierbei die Daten von Exponierten und Kontrollpersonen, auch unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten.

Zudem stellten wir für das Hauptkollektiv bzw. für die Untergruppen (Nichtraucher, Raucher) Korrelationen zwischen den individuell gemessenen Gesamtstaubkonzentrationen und einzelnen Lungenfunktionsparametern auf.

Die Ergebnisse der Lungenfunktions-Prüfung werden im folgenden nach dem gleichen Schema (Abb. 3) mit ihren Median- und Mittelwerten sowie der Standardabweichung dargestellt.

Die Zahlenangaben sind auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet, weshalb sich scheinbare Diskrepanzen ergeben können. In der Differenz vor - nach der Arbeitsschicht werden jedoch die Absolutwerte berücksichtigt.

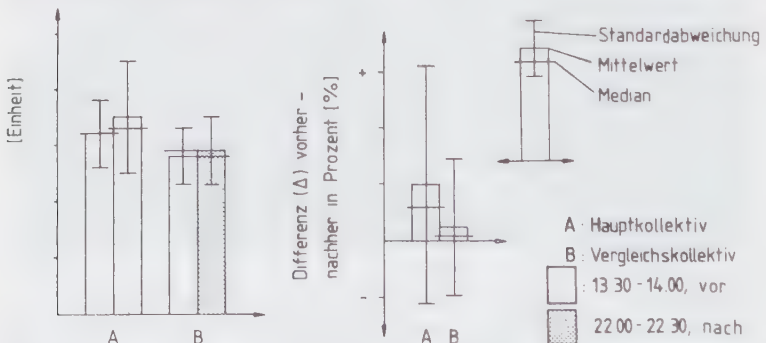


Abbildung 3: Schema der graphischen Ergebnisdarstellung.

3 Ergebnisse

3.1 Die Gesamtstaubbelastung bei Tätigkeiten in Spritzbetonbauweise und Überdruck

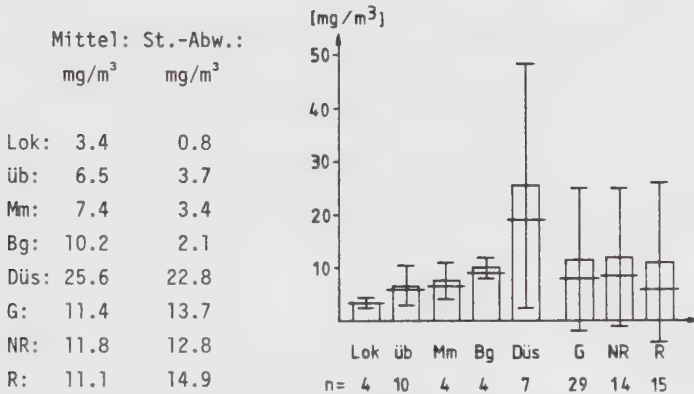


Abbildung 4: Die verschiedenen Tätigkeiten der Mineure und ihre Staubexposition pro Arbeitsschicht:

Es bedeuten: Lok: Lokfahrer; üb: überall, das heißt wechselnde Arbeitsstelle (Bauhelfer, Ingenieure, Werkstudenten); Mm: Bediener der Spritzbetonmischmaschine; Bg: Bagger- und Radladerfahrer; Düs: Spritzdüsenführer; G: Gesamtkollektiv der Spritzbetonstaub- und Überdruckexponierten; NR: Untergruppe Nichtraucher; R: Untergruppe Raucher.

Die personenbezogenen Messungen der Gesamtstaubkonzentrationen ergeben, daß die Spritzdüsenführer mit durchschnittlich 26 mg/m³ pro Arbeitsschicht am höchsten belastet sind. Die breite Streuung der Meßwerte hängt von den Einsatzzeiten ab, die pro Tag zwischen zwei und vier Stunden betragen haben (Abb. 4).

Je weiter der Arbeitsplatz von der Ortsbrust entfernt ist, desto geringer ist auch die individuelle Gesamtstaubbelastung. Personen, die sich im gesamten Tunnelbereich aufhalten, wie die Lokführer, sind mit durchschnittlich 3.4 mg/m^3 am wenigsten gegenüber diesen Stäuben exponiert.

3.2 Die Lungenfunktion vor und nach einer Arbeitsschicht

3.2.1 Forcierte expiratorische Vitalkapazität

Im Verlauf einer Arbeitsschicht nimmt die FVC im exponierten Kollektiv signifikant um 2.9 % ab ($p \leq 0.05$) und in der Kontrollgruppe um 2.7 % zu ($p \leq 0.01$) (Abb. 5).

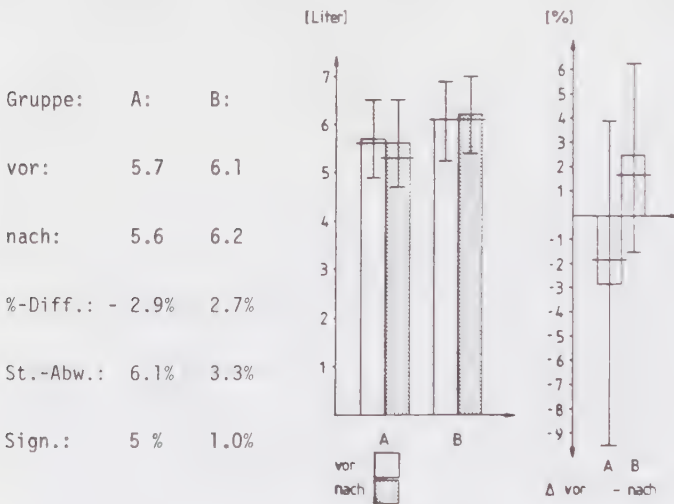


Abbildung 5: Absolute und relative Änderung der forcierten expiratorischen Vitalkapazität in Gruppe A ($n = 30$, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B ($n = 21$, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.2 Ein-Sekunden-Wert (Tiffeneau)

Die Einsekundenkapazität nimmt in der staubexponierten Gruppe um 3.9 % signifikant ab ($p \leq 0.01$). Im Vergleichskollektiv bleiben die Werte nahezu unverändert (Abb. 6). Die scheinbar widersprüchlichen Zahlenangaben in der Tabelle zu Abb. 6 (B: 4.7 l/s vor und nach der Arbeitsschicht, dennoch - 0.5 % Differenz) entstanden durch Auf- oder Abrunden der Ausgangswerte, auf die sich die prozentuale Differenz bezieht.

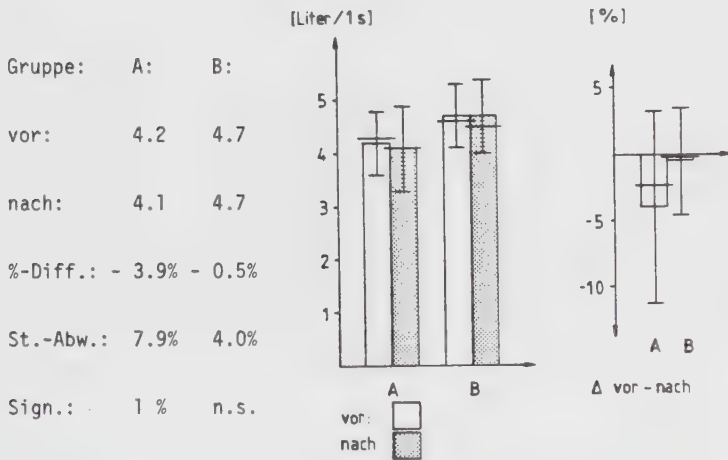


Abbildung 6: Absolute und relative Änderung des Ein-Sekunden-Wertes in Gruppe A ($n = 30$, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B ($n = 21$, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.3 Der Atemwegswiderstand

Im Kollektiv A steigt der oszillatorische Atemwegswiderstand um 9.9 % signifikant ($p \leq 0.05$) an, in B nur tendenziell um 2.4 %. Vier Probanden der exponierten Gruppe erreichen nach der Schicht sogar Werte über 4.5 mbar/l/s (Abb. 7).

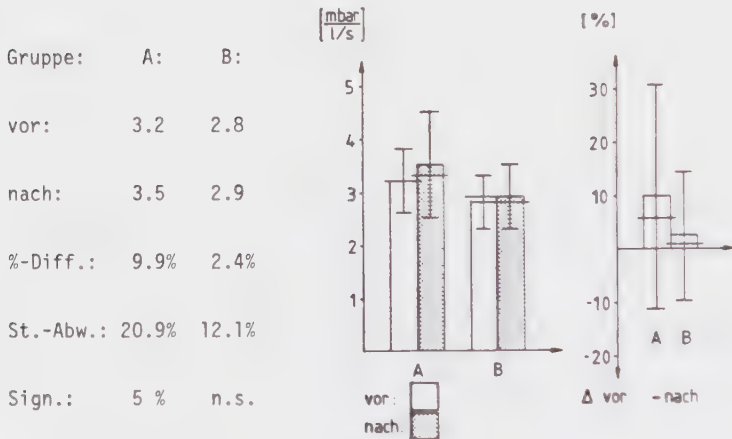


Abbildung 7: Absolute und relative Änderung des Atemwegswiderstandes in Gruppe A ($n = 30$, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B ($n = 21$, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.4 Fluß-Volumen-Kurven:

Um die Auswirkungen der individuellen Staubexposition auf die Fluß-Volumen-Kurve zu verdeutlichen, sind in der Abbildung 8 zwei Atemstoßmanöver eines druckluftexponierten Mineurs und einer Kontrollperson exemplarisch gegenübergestellt. Während die beiden F-V-Kurven der Vergleichsperson annähernd deckungsgleich sind, fällt beim Bauarbeiter eine Abnahme der Fläche der F-V-K nach der Arbeitsschicht auf.

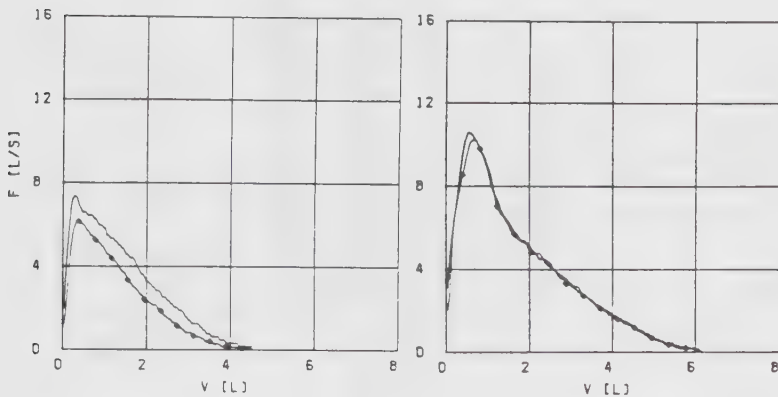


Abbildung 8: Links F-V-Kurve eines Bauarbeiters unter Spritzbetonstaub- und Überdruckbedingungen (48 Jahre, 169 cm, 65 kg), rechts einer nichtexponierten Vergleichsperson (28 Jahre, 180 cm, 88 kg) vor und nach der Spätschicht (14.00 Uhr durchgezogene Linie, 22.00 Uhr gepunktete Linie).

Im Einzelnen ändern sich folgende aus dem Fluß-Volumen-Diagramm ableitbare Parameter:

3.2.4.1 Maximaler expiratorischer Flow

In Gruppe A nimmt PEF mit 6.0 % signifikant ($p \leq 0.01$) und wesentlich stärker ab als in Gruppe B mit nur 0.7 % (Abb. 9).

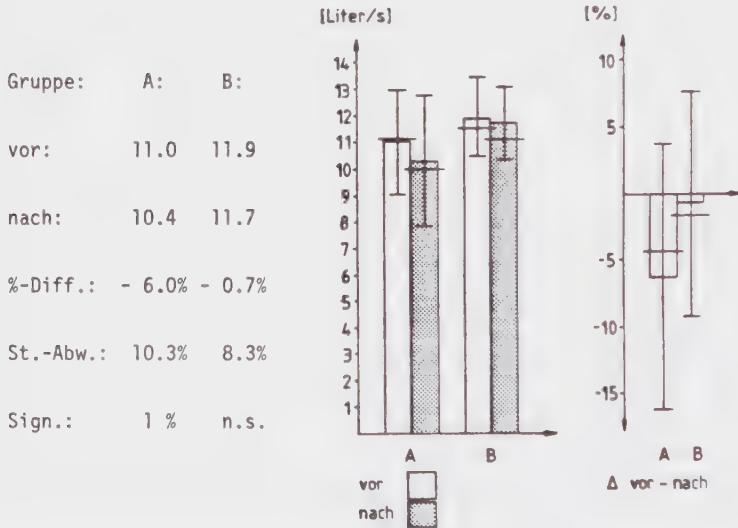


Abbildung 9: Absolute und relative Änderung des maximalen expiratorischen Flows in Gruppe A (n = 30, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B (n = 21, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.4.2 Maximaler expiratorischer Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität

Der Flow nimmt im exponierten Kollektiv um 7.7 % signifikant ab ($p \leq 0.01$), in Gruppe B dagegen nur tendenziell im Mittel um 1.2 % zu (Abb. 10).

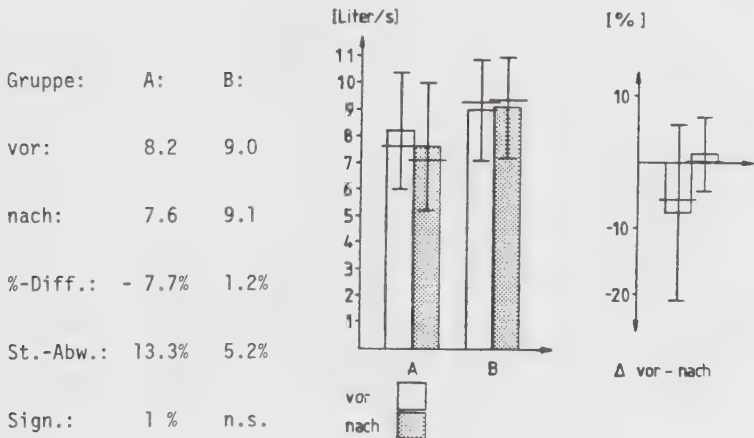


Abbildung 10: Absolute und relative Änderung des maximalen expiratorischen Flows bei 75 % verbliebener Vitalkapazität in Gruppe A (n = 30, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B (n = 21, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.4.3 Maximaler expiratorischer Flow bei 50 % und 25 % verbliebener Vitalkapazität

Im Vergleich zu den Meßwerten vor der Schicht ergeben sich zu denen danach keine signifikanten Unterschiede. MEF 50 nimmt jedoch tendenziell ab, während MEF 25 im exponierten Kollektiv im wesentlichen unverändert bleibt. Die Absolutzahlen der Werte von "vor - nach der Schicht" sind wieder gerundet (Tab. 2).

	MEF 50:		MEF 25:	
Gruppe:	A:	B:	A:	B:
vor:	4.3	5.1	1.3	1.9
nach:	4.1	5.0	1.3	1.7
%-Diff.:	- 5.2% - 2.6%		1.0% - 7.1%	
St.-Abw.:	14.7%	11.2%	31.1%	27.5%
Sign.:	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 2: Absolute und relative Änderungen des maximalen expiratorischen Flows bei 50 und 25 % verbliebener Vitalkapazität in Gruppe A (n = 30, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B (n = 21, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.2.4.4 Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve

Im Laufe der Arbeitsschicht nimmt die mittlere Fläche der F-V-Kurven (AEX) der Mineure signifikant um 8.5 % ($p \approx 0.01$) ab, die der Kontrollgruppe bleibt nahezu unverändert (Abb. 11). Die Abnahme der Fläche der F-V-K bei den Exponierten resultiert vor allem aus der signifikanten Verringerung von PEF und MEF 75 (Abb. 12 und 13).

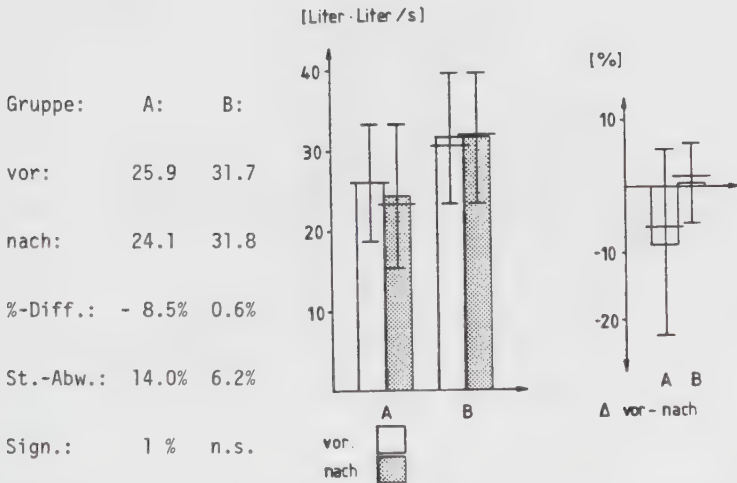


Abbildung 11: Absolute und relative Änderung der Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve in Gruppe A ($n = 30$, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B ($n = 21$, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

Die Lungenfunktions-Werte der Mineure sinken signifikant, mit Ausnahme des ansteigenden Atemwegswiderstandes, während der Arbeitsschicht in der in Abb. 12 dargestellten Reihenfolge (FVC, FEV 1, PEF, MEF 75, AEX). Die Werte des Vergleichskollektives liegen nahe der Nulllinie. Die Streuung der Einzelwerte in Gruppe A ist deutlich stärker als in Gruppe B.

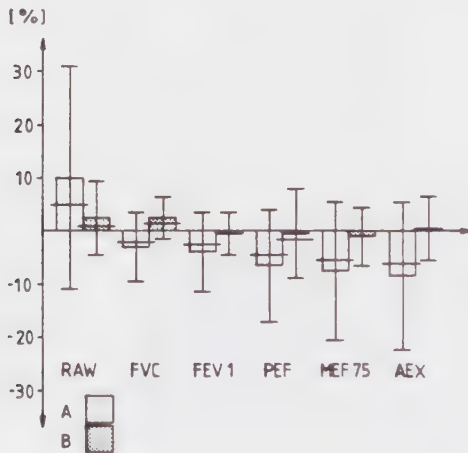


Abbildung 12: Die statistisch signifikanten Änderungen (prozentuale Differenz) der Lungenfunktions - Parameter in Gruppe A (n = 30, Spritzbetonstaub und Überdruck) im Vergleich zu B (n = 21, Kontrolle) vor und nach der Arbeitsschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

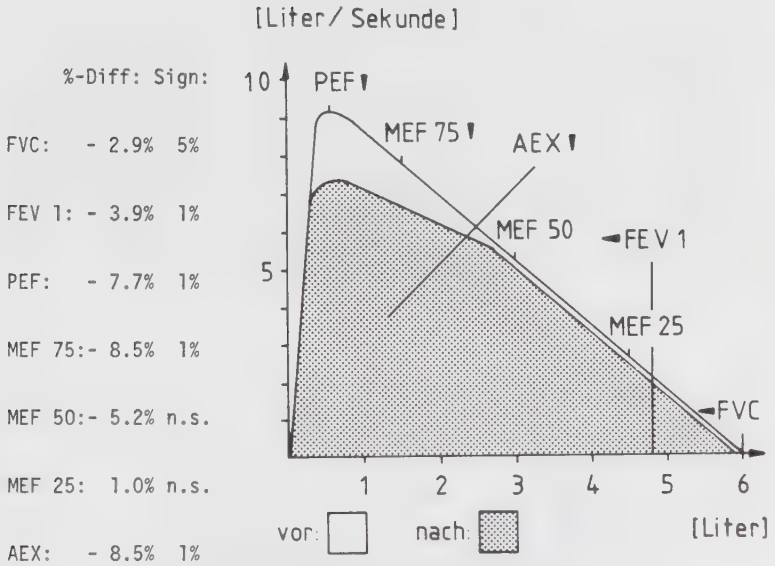


Abbildung 13: Relative Änderungen der F-V-Kurven in Gruppe A (n = 30, Spritzbetonstaub und Überdruck) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr). Die signifikanten Abweichungen und ihre Richtung sind mit vollen Pfeilen gekennzeichnet.

3.3 Die Wirkung von Spritzbetonstäuben bei Nichtrauchern und Rauchern

Innerhalb der gegenüber Spritzbetonstäuben und Druckluft exponierten Gruppe zeigen die Zigarettenraucher mit 12.6 % im Mittel einen nahezu doppelt so starken Anstieg des RAW von 14.00 bis 22.00 Uhr gegenüber den Nichtrauchern. Aufgrund der breiten Streuung der Meßdaten und der kleineren Kollektive durch diese Untergruppen bestehen zwischen den Rauchern und Nichtrauchern keine signifikanten Unterschiede in Richtung und Ausmaß der Änderung einzelner Lungenfunktions-Parameter (Abb. 14).

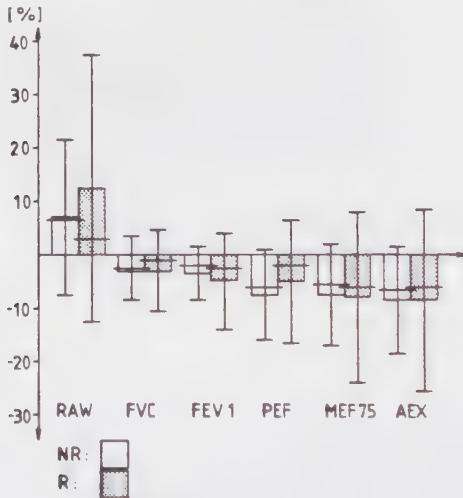


Abbildung 14: Die relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Nichtrauchern (n = 14) und Rauchern (n = 16) in Gruppe A (Spritzbetonstaub und Überdruck) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr). Die genauen prozentualen Differenzen sind in Tab. 3, S. 24 aufgelistet.

In der Gruppe der Nichtraucher läßt sich die Abnahme der FEV₁ mit durchschnittlich 3.5 % ($p \leq 0.05$), des PEF mit 7.7 % ($p \leq 0.01$), des MEF 75 mit 7.6 % ($p \leq 0.01$) und der Fläche der F-V-Kurve mit 8.7 % ($p \leq 0.01$) dennoch statistisch sichern (Tab. 3, S. 24).

Abgesehen von einer mit 3.6 % nur geringen, jedoch signifikanten Zunahme der FVC der Nichtraucher ($p \leq 0.05$) ergibt der Vergleich (Abb. 15) der um 14.00 und 22.00 Uhr gemessenen Lungenfunktionswerte im Kontrollkollektiv keine nennenswerte Änderung (Tab. 4, S. 25). Es fällt jedoch auf, daß der Atemwegs-widerstand der Nichtraucher im Mittel um 5.3 % (nicht signifikant) ansteigt, nicht dagegen in der Gruppe der Raucher (Abb. 15).

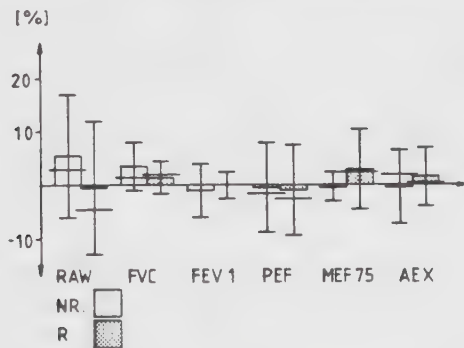


Abbildung 15: Die relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Nichtrauchern ($n = 11$) und Rauchern ($n = 10$) in Gruppe B (Kontrolle) vor und nach der "Spätschicht" (14.00 bis 22.00 Uhr).

Stellt man die Werte der relativen Änderungen einzelner Lungenfunktionsparameter der Nichtraucher von Haupt- und Kontrollkollektiv gegenüber (Tab. 3, 4; Abb. 16), dann fällt im Vergleich zu beiden Gesamtgruppen mit Ausnahme der FVC kein wesentlicher Unterschied in Hinsicht auf die Richtung der Änderung auf. Jedoch ist tendenziell zu erkennen, daß der

Atemwegswiderstand der Nichtraucher in Gruppe A und B mit 6.8 bzw. 5.3 % nahezu gleich ansteigt (Abb. 16; Tab. 3, 4), während dieser im Gesamtkollektiv A mit 9.9 % eine signifikant ($p \leq 0.05$) und nahezu 3-fach stärkere Zunahme ergibt als in B.

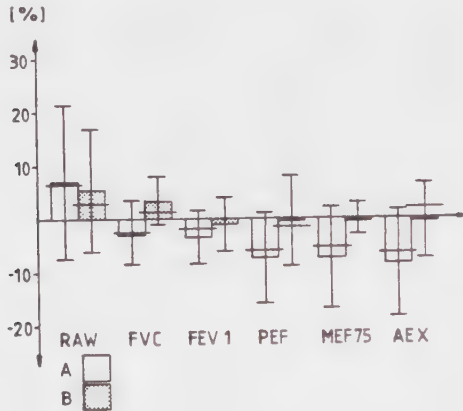


Abbildung 16: Die relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Nichtrauchern in Gruppe A (n = 14, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B (n = 11, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

Dieser Anstieg resultiert, wie der Vergleich der relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte der Raucher beider Kollektive zeigt (Abb. 17), aus der mit 12.6 % wesentlich stärkeren Zunahme des RAW der Raucher aus Gruppe A (Tab. 3).

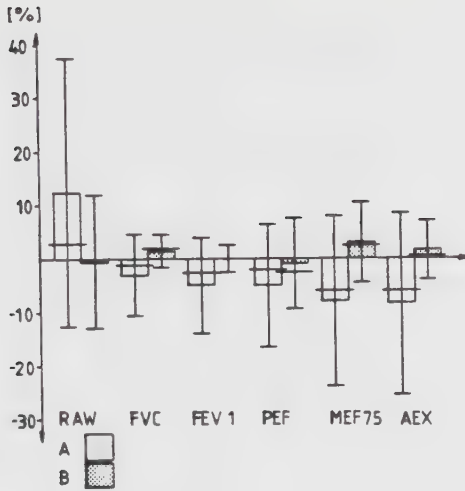


Abbildung 17: Die relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Rauchern (R) in Gruppe A (n = 16, Spritzbetonstaub und Überdruck) und B (n = 10, Kontrolle) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

Gruppe: vor: nach: %-Diff.: St.-Abw.: Sign.:

RAW	NR A	3.0	3.3	6.8 %	14.7 %	n.s.
FVC	NR A	5.8	5.7	- 3.0 %	6.0 %	n.s.
FEV1	NR A	4.2	4.1	- 3.5 %	5.2 %	5 %
PEF	NR A	10.7	10.0	- 7.7 %	8.7 %	1 %
MEF75	NR A	8.0	7.4	- 7.6 %	9.3 %	1 %
MEF50	NR A	4.2	4.1	- 4.0 %	12.4 %	n.s.
MEF25	NR A	1.2	1.3	6.1 %	36.4 %	n.s.
AEX	NR A	25.7	23.8	- 8.7 %	10.0 %	1 %
RAW	R A	3.4	3.8	12.6 %	25.3 %	n.s.
FVC	R A	5.6	5.5	- 2.8 %	7.5 %	n.s.
FEV1	R A	4.2	4.0	- 4.3 %	9.2 %	n.s.
PEF	R A	11.3	10.7	- 5.1 %	11.6 %	n.s.
MEF75	R A	8.3	7.7	- 7.8 %	16.3 %	n.s.
MEF50	R A	4.4	4.2	- 6.2 %	16.7 %	n.s.
MEF25	R A	1.4	1.4	- 3.4 %	26.0 %	n.s.
AEX	R A	26.1	24.3	- 8.4 %	17.0 %	n.s.

Tabelle 3: Die absoluten und relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Nichtrauchern (NR) und Rauchern (R) in Gruppe A (Spritzbetonstaub und Überdruck, NR: n = 14, R: n = 16) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

Gruppe: vor: nach: %-Diff.: St.-Abw.: Sign.:

RAW	NR B	2.9	3.0	5.3 %	11.6 %	n.s.
FVC	NR B	5.8	6.0	3.6 %	4.5 %	5 %
FEV1	NR B	4.4	4.4	- 1.1 %	4.8 %	n.s.
PEF	NR B	11.7	11.6	- 0.4 %	8.7 %	n.s.
MEF75	NR B	9.0	8.9	- 0.3 %	2.8 %	n.s.
MEF75	NR B	4.8	4.4	- 6.1 %	11.5 %	n.s.
MEF25	NR B	1.6	1.4	-12.7 %	25.1 %	n.s.
AEX	NR B	28.8	28.5	- 0.3 %	6.8 %	n.s.
RAW	R B	2.8	2.7	- 0.9 %	12.3 %	n.s.
FVC	R B	6.4	6.5	1.7 %	3.0 %	n.s.
FEV1	R B	5.0	5.0	0.2 %	2.9 %	n.s.
PEF	R B	12.0	11.8	- 1.0 %	2.9 %	n.s.
MEF75	R B	9.1	9.4	2.9 %	7.6 %	n.s.
MEF50	R B	5.6	5.7	1.3 %	10.1 %	n.s.
MEF25	R B	2.1	2.0	- 2.1 %	30.3 %	n.s.
AEX	R B	34.9	35.4	1.6 %	5.6 %	n.s.

Tabelle 4: Die absoluten und relativen Änderungen der Lungenfunktionswerte von Nichtrauchern (NR) und Rauchern (R) in Gruppe B (Kontrolle, NR: n = 11, R: n = 10) vor und nach der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.4 Beziehungen zwischen der Gesamtstaub - Belastung und den Änderungen der Lungenfunktion

3.4.1 Forcierte expiratorische Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration

Mit zunehmender Gesamtstaub - Konzentration nimmt die FVC sowohl im Gesamtkollektiv (Abb. 18) als auch in den Untergruppen der Nichtraucher und Raucher (Abb. 19) ab. Diese Reduktion ist nicht signifikant. Tendenziell nimmt die FVC der Nichtraucher gegenüber den Rauchern stärker ab (NR: n.s.; R: n.s.).

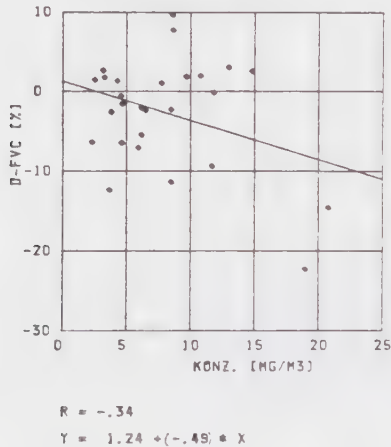
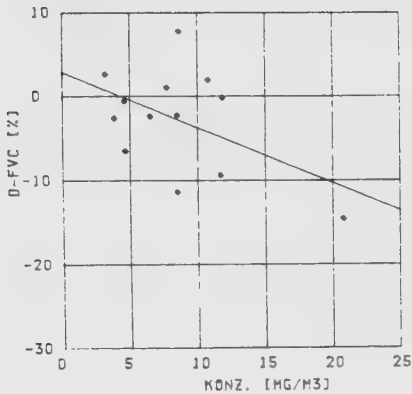
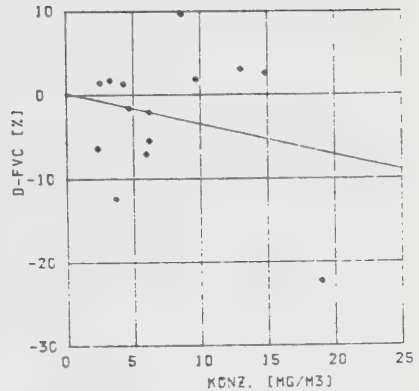


Abbildung 18: Die relative Änderung der FVC in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).



$$R = -.5$$

$$Y = 2.81 + (-.66 * X)$$



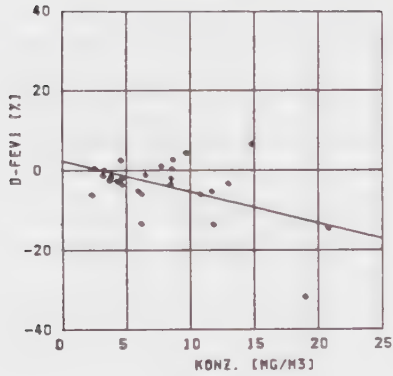
$$R = -.24$$

$$Y = .17 + (-.37 * X)$$

Abbildung 19: Die relative Änderung der FVC in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr) unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten (links NR, rechts R).

3.4.2 Ein-Sekunden-Wert und Gesamtstaubkonzentration

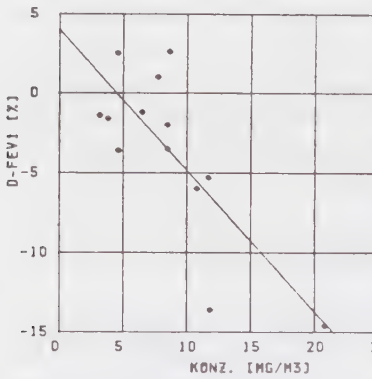
Mit steigender Gesamtstaub - Konzentration nimmt FEV 1 signifikant ab ($p \leq 0.01$) (Abb. 20). Die Aufteilung entsprechend der Rauchgewohnheiten ergibt in der Gruppe der Nichtraucher im Vergleich zu den Rauchern eine signifikant stärkere Abnahme des Ein-Sekunden-Wertes mit steigender Staubbexposition (NR: $p \leq 0.01$; R: n.s.) (Abb. 21).



$$R = -.5$$

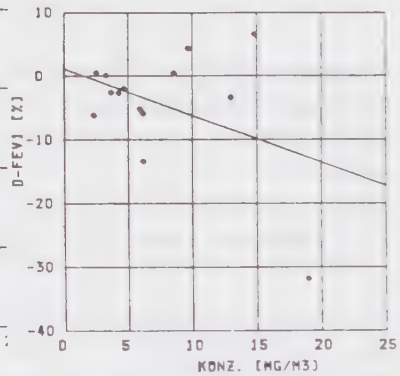
$$Y = 2.24 + (-.78) * X$$

Abbildung 20: Die relative Änderung des FEV 1 in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).



$$R = -.77$$

$$Y = 3.98 + (-.88) * X$$



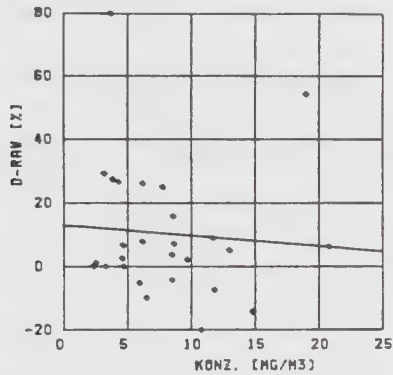
$$R = -.4$$

$$Y = 1.11 + (-.74) * X$$

Abbildung 21: Die relative Änderung des FEV 1 in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr) unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten (links NR, rechts R).

3.4.3 Oszillatorischer Atemwegswiderstand und Gesamtstaubkonzentration

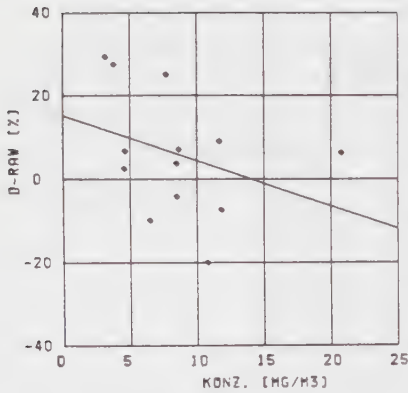
Der Atemwegswiderstand bleibt trotz Zunahme der Gesamtstaubmenge nahezu unverändert (n.s.) (Abb. 22). Im Gegensatz zu den Nichtrauchern zeigen die Raucher tendenziell einen Anstieg des RAW mit höherer Staubexposition (NR: n.s.; R: n.s.) (Abb. 23).



$$R = -.08$$

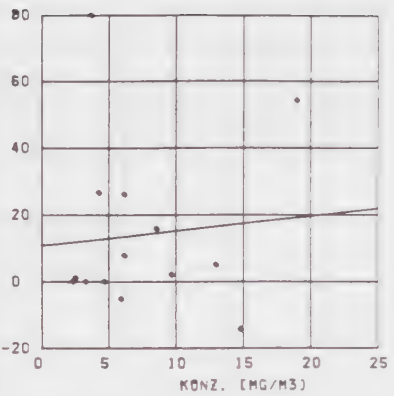
$$Y = 12.9 + (-.34) \cdot X$$

Abbildung 22: Die relative Änderung des RAW in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).



$$R = -.35$$

$$Y = 15.16 + -.109 * X$$



$$R = .09$$

$$Y = 10.95 + .45 * X$$

Abbildung 23: Die relative Änderung des RAW in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr) unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten (links NR, rechts R).

3.4.4 Fluß-Volumen-Kurven und Gesamtstaubkonzentration

3.4.4.1 Maximaler expiratorischer Flow und Gesamtstaubkonzentration

Der maximale expiratorische Flow (PEF) nimmt mit zunehmender Gesamtstaub - Konzentration signifikant ab ($p \leq 0.05$) (Abb. 24). Die Unterteilung des Gesamtkollektives in Nichtraucher und Raucher ergibt tendenziell ähnliche Korrelationen (NR: n.s.; R: n.s.).

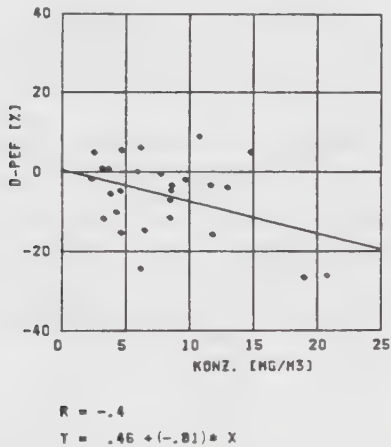
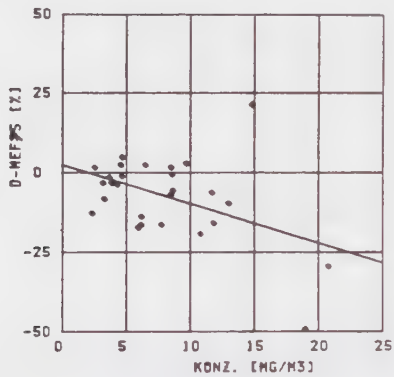


Abbildung 24: Die relative Änderung des Peak-Flow in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

3.4.4.2 Maximaler expiratorischer Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration

Der maximale expiratorische Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität ergibt ebenfalls eine signifikante ($p \leq 0.05$) negative Korrelation mit der jeweiligen Gesamtstaubkonzentration (Abb. 25). Im Nichtraucher - Kollektiv ist diese im Gegensatz zu den Rauchern hoch signifikant (NR: $p \leq 0.001$; R: n.s.) (Abb.26).



$$R = -.46$$

$$Y = 2.28 + (-1.23) \cdot X$$

Abbildung 25: Die relative Änderung des maximalen expiratorischen Flows bei 75 % verbliebener Vitalkapazität in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

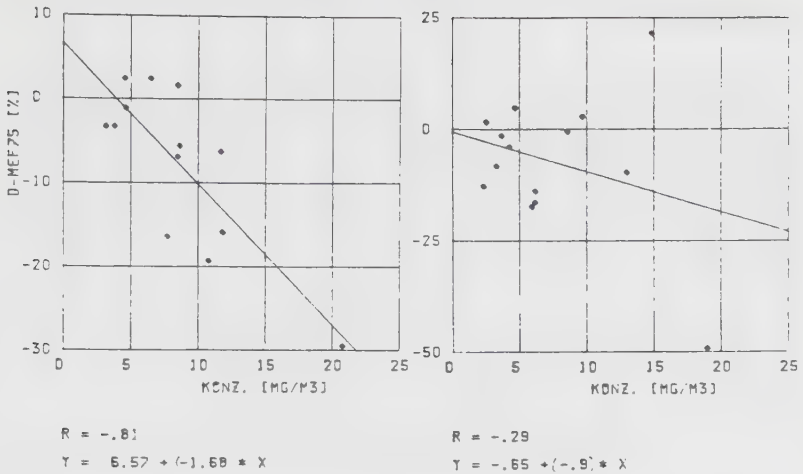


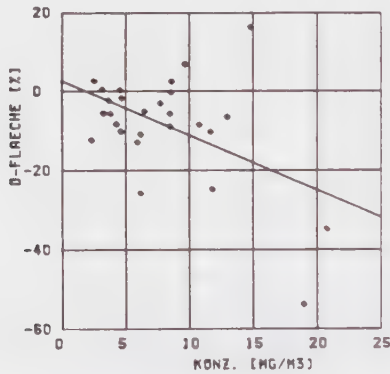
Abbildung 26: Die relative Änderung von MEF 75 in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr) unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten (links NR, rechts R).

3.4.4.3 Maximaler expiratorischer Flow bei 50 und 25 % verbliebener Vitalkapazität und Gesamtstaubkonzentration

Weder im Gesamtkollektiv noch in den Untergruppen lassen sich engere Beziehungen zwischen den maximalen expiratorischen Flows bei 50 und 25 % verbliebener Vitalkapazität und den jeweiligen individuellen Gesamtstaubbelastungen nachweisen.

3.4.4.4 Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve und Gesamtstaubkonzentration

Die Fläche unter der F-V-K sinkt signifikant mit steigender Gesamtstaubkonzentration ($p \leq 0.01$) (Abb. 27). Die Untergliederung ergibt im Gegensatz zu den Rauchern bei den Nichtrauchern eine engere, hochsignifikante Abhängigkeit (NR: $p \leq 0.001$; R: n.s.) (Abb. 28).



$$R = -.49$$

$$Y = 2.54 + -1.38 \cdot X$$

Abbildung 27: Die relative Änderung von AEX in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr).

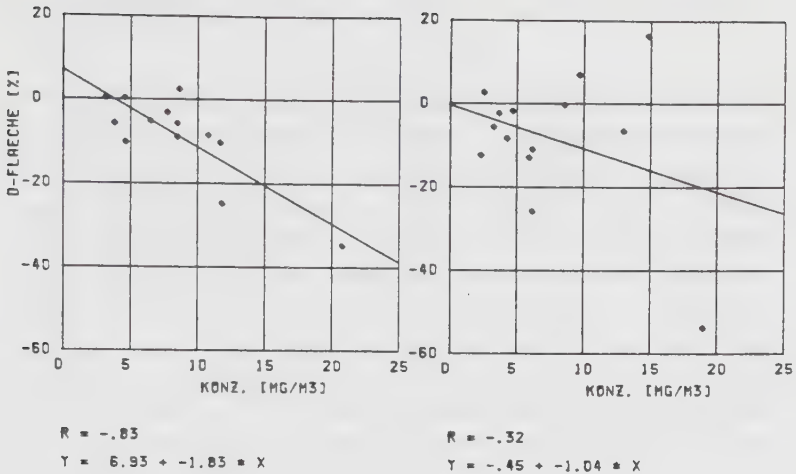


Abbildung 28: Die relative Änderung von AEX in Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung während der Spätschicht (14.00 bis 22.00 Uhr) unter Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten (links NR, rechts R).

Die graduellen Beeinflussungen der Lungenfunktionsparameter durch die Staubexposition lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Tab. 5): Der Atemwegswiderstand und die forcierte expiratorische Vitalkapazität lassen keine signifikante Korrelation zur jeweiligen individuellen Gesamtstaubexposition ableiten. Dagegen sind der Peak-Flow und der maximale expiratorische Flow bei 75 % verbliebener Vitalkapazität mit $p \leq 0.05$, der Atemstoßtest nach Tiffeneau und die Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve mit $p \leq 0.01$ stark staubabhängig.

Parameter:	%Diff.:	Sign.:	Staubabhängigkeit:		
			G	NR	R
RAW	+ 9.9 %	5 %	n.s.	n.s.	n.s.
FVC	- 2.9 %	5 %	n.s.	n.s.	n.s.
FEV 1	- 3.9 %	1 %	1 %	1 %	n.s.
PEF	- 7.7 %	1 %	5 %	n.s.	n.s.
MEF 75	- 8.5 %	1 %	5 %	0.1 %	n.s.
MEF 50	- 5.2 %	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MEF 25	+ 1.0 %	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
AEX	- 8.5 %	1 %	1 %	0.1 %	n.s.

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen signifikanten Lungenfunktionsänderungen und jeweiliger Gesamtstaubkonzentration.

4 Diskussion

Die Spritzbetonbauweise in Druckluft, weltweit erstmals 1981 in München in größerem Umfang angewandt, hat aufgrund wirtschaftlicher sowie bau- und sicherheitstechnischer Vorteile zunehmend an Bedeutung gewonnen. Aus arbeitsmedizinischer Sicht läßt sich jedoch derzeit noch nicht abschätzen, inwieweit Gesundheitsgefahren als Spätfolgen nach längerer beruflicher Tätigkeit zu befürchten sind. Allein die Zusammensetzung der auftretenden Spritzbetonstäube (Zement, silikogenes Material, stark alkalisch wirkende Schnellbindemittel etc.) läßt eine schädigende Wirkung vermuten. Unbekannt ist noch die Korngrößenverteilung, Struktur und Oberflächenbeschaffenheit dieser Stäube, ebenso wie der Einfluß der Druckluft selbst auf Konzentration und Depositionsverhalten in den Atemwegen. Auch ist bisher noch ungeklärt, ob durch Überdruck die Entwicklung einer Silikose nach inhalativer Aufnahme dieser Schadstoffe beschleunigt wird und ob die mit pH-Werten von 12.0 bis 12.6 stark alkalisch wirkenden Schnellbindemittel zu Schäden im Atemtrakt führen (23).

Physikalische Gründe sprechen dafür, daß unter Überdruckbedingungen die Sinkgeschwindigkeit von Stäuben wegen der höheren Luftdichte, wenn auch nur unbedeutend, verringert ist. Als Folge wäre eine Erhöhung der Staubkonzentration in der Raumluft zu erwarten. Tatsächlich aber wurden beim Spritzbetonverfahren in Druckluft geringere Feinstaubkonzentrationen gemessen als in atmosphärischem Druck (45, 46). Die Druckerhöhung von 1 auf 2 bar führte zu einer Abnahme um etwa 50 %, die zusätzliche Verwendung von Klebern sogar um 90 %. Die Staubkonzentrationen am Arbeitsplatz des Düsenführers betrugen in Druckluft durchschnittlich 6.7 mg/m^3 (46), in Normalatmosphäre 3 - 30 mg/m^3 (50) bzw. 2 mg/m^3 gegenüber 6 - 20 mg/m^3 an der Mischmaschine. Außer im Spritzdüsenbereich wurden die damals (1981) geltenden MAK-Werte für inerte

Feinstäube im Tunnel unter Überdruckbedingungen nicht überschritten.

Die von uns in den Druckbereichen von 1.5 bis 1.6 bar mittels Personal air sampler gemessenen Gesamtstaubkonzentrationen mit Werten zwischen 3.4 und 25.6 mg/m³ sind mit den aus der Literatur bekannten Meßergebnissen, wenn auch nicht exakt vergleichbar, dennoch gut vereinbar. Die chemischen Analysen von Gesamtstaubproben aus einer früheren Untersuchung unserer Arbeitsgruppe (22) sprechen jedoch dafür, daß es sich bei den Spritzbetonstäuben nicht um "inerte Stäube" handelt. Die atomabsorptionsspektrophotometrische Analyse von Staubsammelproben ergab beispielsweise am Arbeitsplatz des Düsenführers Schadstoffkonzentrationen für Chrom zwischen 1.34 - 1.61 mg/m³, für Cadmium zwischen 1.32 - 2.31 mg/m³. Auch im biologischem Material (Blut und Urin) ließ sich nach einjähriger Tätigkeit ein Anstieg der Konzentrationen dieser Schwermetalle nachweisen, jedoch ohne Überschreitung der entsprechenden Normbereiche.

Aufgrund theoretischer Überlegungen (49) und experimenteller Modellversuche (12, 13, 43) ist anzunehmen, daß die durch ihren hohen pH-Wert stark hygroskopischen Stäube ihren aerodynamischen Durchmesser im feuchten, wasserdampfgesättigten Milieu des Atemtraktes vergrößern und mit der erhöhten Luftdichte im Überdruck zu einer Änderung des Depositionsverhaltens gegenüber normalatmosphärischen Bedingungen führen. Die Folge wäre eine Abnahme der Deposition von Feinstaub im bronchiolo-alveolären Bereich, dagegen eine Zunahme in den höheren Etagen des Atemtraktes.

Mit der körperlichen Belastung steigt das Atemminutenvolumen und damit die inhalierte Schadstoffmenge. Untersuchungen mit dem Bandspeicher-EKG (24) ergaben, daß neben anderen bauart-spezifischen Tätigkeiten das Führen der Spritzdüse zu den Arbeiten

gehört, die das Herz-Kreislaufsystem mit am stärksten beanspruchen. Solche Belastungen führen über einen erhöhten Sauerstoff-Verbrauch zu vermehrter Atemarbeit, die ohnehin bereits wegen der erhöhten turbulenten Viskosität der Atemluft im Überdruck erschwert ist und mehr Energie bzw. Sauerstoff benötigt (15, 58). Durch die höhere Luftdichte steigt der turbulente Widerstand in den Atemwegen. Dieser wird auch für die Entstehung eines Emphysems nach längerer Tätigkeit in Druckluft verantwortlich gemacht (36). Im Überdruck nimmt der Atemgrenzwert ab (1, 27, 33, 41, 57, 59, 60), ebenso die Meßwerte der Fluß-Volumen-Kurve. Die Lokalisation des die hohen Flüsse einschränkenden Bereiches, in dem PEF und MEF 75 limitiert werden, befindet sich in der Trachea und den großen Bronchien (5, 11, 31, 38, 60). Wie Untersuchungen mit Helium-Sauerstoff-Gemischen belegen (3, 4, 32, 48), ist die Dichte der Atemluft ausschlaggebend. Der Atemwegswiderstand steigt mit Erhöhung der Luftdichte bzw. mit zunehmender Viskosität. Hinsichtlich einzelner Parameter der Fluß-Volumen-Kurve ergeben sich in Druckluft folgende Veränderungen: Nach übereinstimmenden Beobachtungen sinken die Maximalwerte PEF, MEF 75, FEV 1. In Druckbereichen von 1 - 4 bar reduziert sich PEF und MEF 75, erst ab 4 bar folgen MEF 50 und MEF 25 (28).

Um die Wirkung von Spritzbetonstäuben auf den Atemtrakt zu erfassen, führten wir die Prüfung der Lungenfunktion vor und nach einer Schicht durch und zwar vor dem Einschleusen in Druckluft und unmittelbar nach dem Ausschleusen. Wir wählten die Nachmittags-schicht von 14.00 bis 22.00 Uhr, da in diesem Zeitraum in Anlehnung an Ulmer (54) nicht mit wesentlichen Änderungen der Lungenfunktion, insbesondere des Atemwegswiderstandes, durch die circadiane Rhythmik zu rechnen war. Die Fluß-Volumen-Kurven verändern sich in diesem Zeitraum ebenfalls nicht wesentlich (6, 29). Das von uns untersuchte Kontrollkollektiv, größtenteils Studenten, die weder durch körperliche Schwerarbeit noch gegenüber

Stäuben belastet waren, bestätigte diese Beobachtungen. Der Vergleich der Meßergebnisse zeigte im nichtexponierten Kollektiv, abgesehen von einem nur unbedeutenden Anstieg der forcierten Vitalkapazität von 14.00 bis 22.00 Uhr, keine wesentlichen Veränderungen. In der Gruppe der exponierten Bauarbeiter jedoch nahm in diesem Zeitraum der oszillatorische Atemwegswiderstand signifikant um 10 % zu. Die um 22.00 Uhr gewonnenen Werte der FVC, FEV 1, PEF, MEF 75 und der Fläche unter der F-V-Kurve fielen, ebenfalls signifikant, gegenüber den Ausgangswerten vom Nachmittag ab.

Diese von uns festgestellten Änderungen der Lungenfunktion könnten sowohl mit einer schlechteren Mitarbeit am Versuch, bedingt durch Ermüdung am Ende des Arbeitstages, als auch mit der Staubbelastung während der Arbeitsschicht zusammenhängen. Weitere Störfaktoren wie das Zigarettenrauchen sind nicht wahrscheinlich, da während des Aufenthalts in Druckluft Rauchverbot besteht und diese Vorschrift von den Arbeitern in der Regel eingehalten wird. Ein nach Inhalation von Zigarettenrauch signifikanter Abfall von MEF 50 ohne Beeinflussung der FVC und MEF 75, wie er in der Literatur beschrieben ist (51), konnte zudem von uns nicht beobachtet werden.

Gegen einen Ermüdungseffekt spricht vor allem, daß nicht alle Probanden der exponierten Gruppe körperlich schwer beansprucht waren, wie z.B. die Lokführer. Außerdem hatten alle Personen nach dem Fußweg zur Schleuse während der zehn- bis zwanzigminütigen Dekompressionsphase eine ausreichend lange Erholungszeit für die nachfolgende Lungenfunktionsprüfung.

Um Fehlbeurteilungen, bedingt durch mangelnde Mitarbeit der Probanden, zu vermeiden, wurde nach dem Verfahren von Praml (37) jeder Meßvorgang zunächst vierfach durchgeführt. Aus den vier Einzelmessungen wählten wir schließlich die besten Atemmanöver für die Auswertung. Zu den wesentlichen Kriterien einer guten

Mitarbeit zählten wir einen optimalen Kurvenverlauf und die Deckungsgleichheit der Fluß-Volumen-Kurven. Während das erste Drittel der Atemstoßkurve, insbesondere der Spitzenstoß (PEF), sehr stark von der Mitarbeit des Untersuchten abhängig ist, sind die in den restlichen zwei Dritteln gelegenen Atemströme (MEF 50, 25) anstrengungsunabhängig (3). Die von uns beobachtete Abnahme von PEF, FVC und Atemstoßtest nach Tiffeneau (FEV 1) könnte somit auf den ersten Blick als Folge der Ermüdung durch eine Arbeitsschicht gedeutet werden. Die teils hochsignifikante, enge Beziehung zwischen der Verschlechterung der Lungenfunktion und der mittels Personal air sampler gemessenen Gesamtstaubkonzentration spricht jedoch dafür, daß die Staubexposition am Arbeitsplatz den entscheidenden Faktor darstellt. Besonders deutlich konnten wir dies am Kollektiv der exponierten Nichtraucher nachweisen, bei denen sowohl akute als auch chronische Einwirkungen außerberuflicher Noxen auf den Atemtrakt auszuschließen waren.

Unsere Ergebnisse mit einer Zunahme des Atemwegswiderstandes und einer Abnahme von FVC, FEV 1, PEF, MEF 75, AEX decken sich mit Beobachtungen an ähnlich staubexponierten Kollektiven. Untersuchungen an Arbeitern in Zementwerken zeigten im Gegensatz zu nichtexponierten Personen signifikante Veränderungen der Lungenfunktion, sowohl bei Kurz- als auch Langzeitexposition (17, 18, 19, 35, 40, 42, 55, 56): FVC nahm signifikant ab, ebenso FEV 1 und MEF 75, 50, 25.

Als klinisches Korrelat zur Beeinflussung des Atemtraktes ergibt sich eine signifikante Steigerung bronchialer Reaktionen. Vermehrte Schleimproduktion, ganztägiger Husten, chronische Bronchitis und obstruktive Erkrankungen kommen im Vergleich zu entsprechenden Kontrollkollektiven signifikant gehäuft vor (14, 17, 18, 35, 44, 56). Neben den respiratorischen Störungen treten zementstaubbedingt vermehrt Hautirritationen (Blasen), Conjunctivitiden, Magenschmerzen (mit Zementstaub im Sputum) und Kopfschmerzen auf (35). Von Irritationen der Haut und den Schleimhäuten durch den Erstarrungsbeschleuniger (pH-Wert: 12.0 -

12.6: 20, 21), Aluminate, Silikate und Karbonate besonders bei Arbeiten an der Spritzbetondüse wurde berichtet (9).

Zementstaub beeinflusst die Lungenfunktionsparameter ähnlich wie andere unspezifische Stäube (30, 39). Da er jedoch auch alkalisch ist, wirkt er nach Kontakt mit der feuchten Atemluft und dem Bronchialsekret zusätzlich lokal reizend. Freiwerdende Chromationen, die ihrerseits selbst eine lokal irritierende Wirkung besitzen, können zur Allergisierung und zum Chromat-Ekzem führen. Bestimmte 6-wertige Chromate gelten als kanzerogen (26, 61). Mit einer erhöhten Krebsrate nach Zementstaubexposition ist jedoch nach dem bisherigen Wissensstand nicht zu rechnen.

Im Gegensatz zu diesen in der Literatur beschriebenen Beschwerden klagten die von uns beobachteten Mineure nicht über vergleichbare Beeinträchtigungen des Atemtraktes. Allerdings berichteten Sie über haut- und schleimhautreizende Wirkungen nach direktem Kontakt mit dem Erstarrungsbeschleuniger.

Solange die Auswirkungen noch nicht vollständig abgeklärt sind, sollte die Gesamtstaubbelastung so gering wie möglich gehalten werden. Diese kann mit technischen Mitteln (ferngesteuerte Lafetten, Kleber etc.) und durch Einhaltung der personenbezogenen Schutzmaßnahmen (Benutzung der vom Arbeitgeber zu stellenden Atemschutzmasken etc.) reduziert werden (9, 10, 20, 21, 25, 52, 53).

5 Zusammenfassung

Das moderne und erstmals 1981 in München in größerem Umfang für den Verkehrstunnel-Vortrieb eingesetzte Bauverfahren, die Spritzbetonbauweise in Überdruck, wird in Zukunft dank sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Vorteile weiter an Bedeutung gewinnen. Jede neue Technologie birgt in sich auch das Risiko von Gesundheitsgefahren. Wegen der stark alkalisch wirkenden Spritzbetonstäube scheint der Atemtrakt besonders gefährdet zu sein.

Wir untersuchten insgesamt 30 Mineure, die sich unmittelbar vor und nach einer Arbeitsschicht einer Lungenfunktionsprüfung unterziehen mußten. Gemessen wurden die Vitalkapazität (VK), der Atemstoßtest nach Tiffeneau (FEV 1) und der Atemwegswiderstand (RAW). Ferner bestimmten wir aus dem Fluß-Volumen-Diagramm die Atemströme auf verschiedenen Niveaus der forcierten Vitalkapazität (FVC) wie den maximalen expiratorischen Flow (PEF) und die maximalen Atemströme bei 75, 50 und 25 % der verbliebenen Vitalkapazität (MEF 75, 50, 25).

Jeder der Probanden wurde zur Beurteilung der individuellen Gesamtstaubbelastung mit einem Personal air sampler ausgestattet. In der Auswertung sollten nicht nur die Änderungen einzelner Lungenfunktionsparameter vor und nach einer Arbeitsschicht erfaßt werden, sondern auch ihre Beziehung zur individuellen Gesamtstaubbelastung während eines Arbeitstages. Als Kontrollkollektiv dienten 21 altersentsprechende, weder gegenüber Stäuben exponierte noch körperlich schwer arbeitende Personen, vorwiegend Studenten.

Wir konnten folgendes feststellen:

1. Die Spritzdüsenführer waren mit durchschnittlich 25.6 mg/m^3 am stärksten staubexponiert. Deutlich weniger waren die Baggerfahrer mit 10.2 mg/m^3 belastet. Die Mineure, die im gesamten Vortriebsbereich Tätigkeiten zu verrichten hatten, waren mit 7.4 bzw. 6.4

mg/m³ deutlich niedrigeren Gesamtstaubkonzentrationen ausgesetzt, ebenso die Lokführer mit 3.4 mg/m³.

2. Während der Arbeitsschicht stieg in der Gruppe der Exponierten der RAW um 9.9 % signifikant an ($p \leq 0.05$). Die FVC nahm um 2.9 % ab ($p \leq 0.05$), ebenso FEV1 um 3.9 % ($p \leq 0.01$), PEF um 7.7 % ($p \leq 0.01$), MEF 75 um 8.5 % ($p \leq 0.01$) und schließlich die Fläche unter der Fluß-Volumen-Kurve (AEX) um 8.5 % ($p \leq 0.01$). Im Kontrollkollektiv kam es zu keiner wesentlichen Lungenfunktionsänderung.

3. Zwischen Gesamtstaubexposition und PEF ($p \leq 0.05$) bzw. MEF 75 ($p \leq 0.05$) bestehen signifikante, zu FEV 1 ($p \leq 0.01$) und AEX ($p \leq 0.01$) hochsignifikante Korrelationen. Je höher die Staubexposition, desto stärker ist auch die Verschlechterung der Lungenfunktion.

4. Die Aufteilung der Mineure in Untergruppen entsprechend ihrer Rauchgewohnheiten zeigte bei FEV 1 ($p \leq 0.01$), MEF 75 ($p \leq 0.001$) und AEX ($p \leq 0.001$) in der Gruppe der Nichtraucher eine stärkere Abhängigkeit von der Gesamtstaubbelastung als in der Gruppe der Raucher (alle Parameter n.s.).

Unsere Ergebnisse sprechen dafür, daß sich bei Spritzbetonarbeiten im Überdruck bereits nach einer Arbeitsschicht Veränderungen der Lungenfunktion nachweisen lassen, insbesondere anhand der Fluß-Volumen-Kurve. Zum Schutze der Arbeitnehmer vor möglichen gesundheitlichen Spätschäden sollte daher im Rahmen von kürzeren Überwachungsfristen nicht auf die Aufzeichnung eines Fluß-Volumen-Diagramms verzichtet werden. Da das Ausmaß der Verschlechterung der Lungenfunktion eng mit der Gesamtstaubbelastung korreliert, dürfen Personen an besonders staubexponierten Arbeitsplätzen, wie die Spritzdüsenführer, nicht auf das Tragen von Staubfiltermasken verzichten.

Literaturverzeichnis

- 1: **Alnor**, P. C.; Herget, R.; Seusing, J.:
Drucklufterkrankungen.
Ambrosius Barth Verlag München 1964
- 2: **Baur**, X.; Bergstermann, H.; Fruhmann, G.; Polke, H.; Praml, G.:
Oszillatorische und ganzkörperplethysmographische Messung des Atemwegwiderstandes bei allergeninduzierten Bronchialobstruktionen.
Atemwegs- und Lungenkrankheiten 4, 262 (1978)
- 3: **Berend**; Nelson, N. A.; Rutland, J.; Martin, E.; Woolcock, A. J.:
The maximum expiratory flow-volume curve with air and a low-density gas mixture.
Chest 80, 23 (1981)
- 4: **Castile**, R. G.; Hyatt, R. E.; Rodarte, J. R.:
Determinants of maximal expiratory flow and density dependence in normal humans.
J. Appl. Physiol. 49, 897 (1980)
- 5: **Dawson**, S. V.; Elliott, E. A.:
Wave speed limitation on expiratory flow - a unifying concept.
J. Appl. Physiol. 43, 498 (1977)
- 6: **Dimich**, H. D.; Sterling, T. D.:
Ventilatory function changes over a workshift.
Br. J. Ind. Med. 38, 152 (1981)
- 7: **Distelmeier**, H.:
Anwendung von Spritzbetonbauweisen im Tunnelbau unter Druckluftbedingungen. Sonderdruck eines Vortrags anlässlich des Tunnelbau-Kongresses "Tunnel 81", veranstaltet von der deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V.. Düsseldorf 11. - 13.06.1981.
- 8: **Distelmeier**, H.:
Spritzbetonbauweisen unter Druckluft. Erfahrungen aus ersten Anwendungen. Vortrag zur Fachtagung der Tiefbau-Berufsgenossenschaft in Lüdenscheid 1982.
Hrsg.: TBG, Abruf-Nr. 799, 33 (1982)

- 9: **Egger, H. R.:**
Einsatz von Spritzbetonmaschinen.
In: TBG, Spritzbetonbauweise auf Baustellen unter Tage.
Vorträge zu der Fachtagung der Tiefbau-Berufsgenossenschaft in
St. Engelmar 1979. Hrsg.: TBG, 17 (1979)
- 10: **Egger, H. R.:**
Neue Entwicklungen bei der Spritzbetontechnik. Vortrag zur
Fachtagung der Tiefbau-Berufsgenossenschaft in Lüdenscheid
1982.
Hrsg.: TBG, Abruf-Nr. 799, 41 (1982)
- 11: **Green, M.; Mead, J.; Turner, J. M.:**
Variability of maximum expiratory flow-volume curves.
J. Appl. Physiol. 37, 67 (1974)
- 12: **Gussman, R. A.; Beeckmans, J. M.:**
Theoretically considerations for pulmonary deposition in high
pressure environments: A model. Proceedings of an
International Symposium organized by the British Occupational
Hygiene Society in London, 1970. Umvin Brothers Ltd., 33
(1970)
- 13: **Hänel, G.; Heyder, J.:**
Deposition of hygroscopic atmospheric aerosol particles in the
human respiratory tract.
Staub - Reinhalt. Luft 40, 9 (1980)
- 14: **Haas, J. H.; Korb, W.; Weiler, K. J.:**
Arbeitssicherheit, Arbeitsmedizin in der Bauwirtschaft.
Pilotstudie 1. Befragung von Beschäftigten der Bauwirtschaft.
Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften,
Frankfurt 1979.
- 15: **Hickey, D. D.; Lundgren, C. G. G.; Pasche, A. J.:**
Respiratory funktion in erect subjects performing exercise at
depth.
Undersea Biomed. Res., Suppl. to Vol 8, No 1, 49 (1981)
- 16: **Jeremie, U.; Weitowitz, H.-J.; Flügel, E.:**
Erfahrungen mit einer praxisgerechten Methode zur Atemwegs-
widerstandsmessung. Sonderdruck anlässlich der Jahrestagung der
Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e. V.. Frankfurt
1978.

- 17: **Kalacic, I.:**
Chronic nonspecific lung disease in cement workers.
Arch. Environ. Health 26, 78 (1973)
- 18: **Kalacic, I.:**
Ventilatory lung function in cement workers.
Arch. Environ. Health 26, 84 (1973)
- 19: **Kalacic, I.:**
Early detection of expiratory airflow obstruction in cement workers.
Arch. Environ. Health 29, 147 (1974)
- 20: **Kaufmann, E.:**
Staubbekämpfung und Belüftung beim Einsatz von Teilschnittmaschinen und beim Betonspritzen.
In: TBG, Spritzbetonbauweise auf Baustellen unter Tage. Vorträge zur Fachtagung der TBG in St. Engelmar 1979. TBG, 53 (1979)
- 21: **Kaufmann, E.:**
Staubbekämpfung und Belüftung. Vortrag zur Fachtagung der TBG in Lüdenscheid 1982.
Hrsg.: TBG, Abruf-Nr. 799, 67 (1982)
- 22: **Kessel, R.; Bencze, K.; Mauermayer, R.:**
Untersuchungen zur Schwermetallbelastung (Chrom, Blei, Cadmium) bei der Anwendung der Spritzbetonbauweise im Überdruck.
In: Stalder, K.: Immunologische Aspekte in der Arbeitsmedizin. Medizinische und berufliche Rehabilitation. Gentner Verlag Stuttgart, 349 (1983)
- 23: **Kessel, R.; Praml, G.; Krupar, F.; Marshall, M.:**
Praktische Erfahrungen bei Vorsorgeuntersuchungen nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 (Überdruck).
In: Konietzko, H.; Schuckmann, F.: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e. V.. 24. Jahrestagung in Mainz vom 2. bis 5. Mai 1984. Erfahrungen mit Vorsorgeuntersuchungen. Gentner Verlag Stuttgart, 331 (1984)

- 24: **Kessel, R.**; Praml, G.; Schäfers, M.:
Die kardiozirkulatorische Beanspruchung durch den Untertage-
vortrieb in Druckluft. Untersuchungen mit dem Bandspeicher-EKG
beim Tunnelbau.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 17, 282 (1982)
- 25: **Klawe, N.**; Meyeroltmanns, W.; Schreyer, J.:
Lösung von Staubproblemen beim Vortrieb mit Teilschnitt-
maschinen und bei Spritzbetonarbeiten.
Forschung und Praxis 27, 160 (1981)
- 26: **Korallus, U.**; Leonhoff, N.:
Arbeitsmedizinische und epidemiologische Erfahrungen mit der
Herstellung und Verarbeitung von Chromaten.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 12, 285 (1981)
- 27: **Lanphier, E. H.**; Camporesi, E. M.:
Respiration and exercise.
In: Bennett: The physiology and medicine of diving and
compressed air work. Baillière Tindall London, 99 (1982)
- 28: **Lord, G. P.**; Bond, G. F.; Schaefer, K. E.:
Breathing under high ambient pressure.
J. Appl. Physiol. 21, 1833 (1966)
- 29: **Love, R. G.**:
Lung function studies before and after a work shift.
Br. J. Ind. Med. 40, 153 (1983)
- 30: **Mandi, A.**; Galgoczy, G.; Villanyi, Gy.; Maga, R.:
Beziehungen zwischen klinischen Symptomen, Rauchgewohnheiten
und Lungenfunktionswerten bei staubexponierten Personen.
Int. Arch. Arbeitsmed. 30, 245 (1972)
- 31: **Mead, J.**; Turner, J. M.; Macklem, P. T.; Little, J. B.:
Significance of the relationship between lung recoil and
maximum expiratory flow.
J. Appl. Physiol. 22, 95 (1967)
- 32: **Meadows III, J. A.**; Rodarte, J. R.; Hyatt, R. E.:
Density dependence of maximal expiratory flow in chronic
obstructive pulmonary disease.
Am. Rev. Respir. Dis. 121, 41 (1980)

- 33: **Miller**, J. N.; **Wangensteen**, O. D.; **Lanphier**, E. H.:
Ventilatory limitations on exertion at depth.
In: Underwater Phys., Proc. 4th Symp. Underwater Phys., 317
(1971)
- 34: **Nolte**, D.:
Abgestufte Lungenfunktionsprüfung.
Deutsches Ärzteblatt 81, 1929 (1984)
- 35: **Oleru**, U. G.:
Pulmonary function and symptoms of nigerian workers exposed to
cement dust.
Environ. Res. 33, 379 (1984)
- 36: **Peters**, T.; **Terhaag**, L.:
Bleibende Berufsschäden bei Caissonarbeitern.
In: Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Beiträge, Heft 7 Hrsg.:
Deutsche Gesellschaft für Arbeitsschutz e. V., Frankfurt 1972.
- 37: **Praml**, G. J.; **Mauermayer**, R.:
Flow-Volume-Kurve: Speicherung einzelner Atemzüge auf
Magnetband.
Pneumologie 6, 232 (1983)
- 38: **Pride**, N. B.; **Permutt**, S.; **Riley**, R. L.; **Bromberger-Barnea**,
B.:
Determinants of maximal expiratory flow from the lungs.
J. Appl. Phys. 23, 646 (1967)
- 39: **Rebohle**, E.; **Schneider**, D.; **Thiele**, H.:
Zur Erfassung und Tauglichkeitsbedeutung chronisch-
unspezifischer Erkrankungen des Atmungsorgans in arbeits-
medizinischen Vorsorgeuntersuchungen.
Z. Ges. Hyg. 21, 559 (1975)
- 40: **Reichel**, G.; **Ulmer**, W. T.:
Zementwerke.
In: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Chronische Bronchitis I.
Harald Boldt Verlag Boppard 1975.
- 41: **Saltzman**, H. A.; **Salzano**, J. V.; **Blenkarn**, G. D.; **Kylstra**, J.
A.:
Effects of pressure on ventilation and gas exchange in man.
J. Appl. Phys. 30, 443 (1971)

- 42: **Saric, M.**; Kalacic, I.; Holetic, A.:
Follow-up of ventilatory lung function in a group of cement workers.
Br. J. Ind. Med. 33, 18 (1976)
- 43: **Scherer, P.W.**; Haselton, F.R.; Hanna, L.M.; Stone, D.R.:
Growth of hygroscopic aerosols in a model of bronchial airways.
J. Appl. Physiol. 47, 544 (1979)
- 44: **Schnieders, H.**; Amarotico, E.; Bauer, E.; Böttger, M.; Stark, K.; Urban, K.-D.; Valentin, H.; Welth, D.; Zober, A.:
BauBG-Pilotstudie 2. Ergebnis einer arbeitsmedizinischen Untersuchung von 24 892 Beschäftigten in der Bauwirtschaft.
Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften, Frankfurt 1984.
- 45: **Schreyer, J.**:
Anwendung von Spritzbeton unter Druckluft.
Tiefbau - Ingenieurbau - Straßenbau 23, 558 (1981)
- 46: **Schreyer, J.**:
Protokoll einer Sitzung zur Spritzbetonstaubbelastung.
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA) Köln 1981.
- 47: **Smidt, U.**:
Methode und Resultate der zusammenfassenden Auswertung aller untersuchten Kollektive.
In: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Chronische Bronchitis 1. Harald Boldt Verlag Boppard, 451 (1975).
- 48: **Staats, B. A.**; Wilson, T. A.; Lai-Fook, S.; Rodarte, J. R.; Hyatt, R. E.:
Viscosity and density dependence during maximal flow in man.
J. Appl. Physiol. 48 (2), 313 (1980)
- 49: **Stahlhofen, W.**: Persönliche Mitteilung.
Institut für Biologie, Abt. für biophysikalische Strahlenforschung, Paul - Ehrlich - Straße 15 und 20, D-6000 Frankfurt/Main (1985)
- 50: **Sutter, E.**:
Staubmessungen beim Auftragen von Spritzbeton (Gunnit, Torkret) in Untertagebauten.
Staub - Reinhalt. Luft 31, 56 (1971)

- 51: **Taveira da Silva, A. M.; Hamosh, P.:**
Effect of smoking a cigarette on the density dependence of maximal expiratory flow.
Respiration 43, 258 (1982)
- 52: **Tiefbau-Berufsgenossenschaft:**
Sicherheitsregeln für Betonspritzmaschinen (Spritzbetonarbeiten).
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.,
Zentralstelle für Unfallverhütung und Arbeitsmedizin, Bonn
1979
- 53: **Tiefbau-Berufsgenossenschaft:**
Die Belüftung von Baustellen unter Tage.
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.,
Zentralstelle für Unfallverhütung und Arbeitsmedizin, Bonn
1979
- 54: **Ulmer, W. T.; Reichel, G.; Nolte, D.:**
Die Lungenfunktion.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1983.
- 55: **Utz, G.:**
Einfluß beruflicher Zementstaubexposition.
In: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Chronische Bronchitis 1.
Harald Boldt Verlag Boppard, 376, 445 (1975)
- 56: **Utz, G.:**
Ergebnisse der Arbeitsgruppe Heidelberg.
In: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Chronische Bronchitis 2.
Harald Boldt Verlag Boppard, 312 (1981).
- 57: **Vail, E. G.:**
Hyperbaric respiratory mechanics.
Aerospace Med. 42, 536 (1971)
- 58: **Varene, P.; Vieillefond, H.; Lemaire, C.; Saumon, G.:**
Expiratory flow volume curves and ventilatory limitation of muscular exercise at depth.
Aerospace Med. 45, 161 (1974)
- 59: **Wood, L. D. H.; Bryan, A. C.:**
Effect of increased ambient pressure on flow-volume curve of the lung.
J. Appl. Physiol. 27, 4 (1969)

60: **Wood**, L. D. H.; Bryan, A. C.:

Mechanical limitations of exercise ventilation at increased ambient pressure.

In: Underwater Phys., Proc. 4th Symp. Underwater Phys., 317 (1971)

61: **Zober**, A.:

Zur Problematik der Begutachtung von Bronchialcarcinomen nach Exposition gegenüber Chromverbindungen.

Int. Arch. Occup. Environ. Health 43, 107 (1979)

Mein besonderer Dank richtet sich an Prof. Dr. G. Fruhmann,
Priv.-Doz. Dr. Dr. R. Kessel und Dipl.-Ing. G. Praml, die mich
immer freundlich und hilfsbereit unterstützt haben.

Lebenslauf

- 25.10.56: Als erstes Kind von Hermann und Renate Redl in Suhl, Thüringen geboren.
- 1963: Einschulung in Geltendorf.
- 1967: Gymnasium Fürstenfeldbruck.
- 1968: Gymnasium und Internat Ettal.
- 1977: Abitur.
- 1977: Wehrdienst.
- 1979: Ludwig-Maximilians-Universität München. Studium der Germanistik und Geschichte.
- 1980: Ludwig-Maximilians-Universität München. Studium der Humanmedizin.
- 1982: Ärztliche Vorprüfung.
- 1983: Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
- 1985: Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
- 1986: Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und Approbation.

